

## کاربرد ترانسفورمرها

### مقدمه

ترانسفورمر یک دستگاه تبدیل انرژی الکترومغناطیسی است ، زیرا که انرژی دریافت شده از مدار اولیه ، ابتدا به انرژی مغناطیسی تبدیل شده و سپس این انرژی دوباره به انرژی الکتریکی مفید در مدارهای دیگر تبدیل می گردد .

در یک ترانس ، انتقال انرژی الکتریکی از یک مدار به مدارهای دیگر بدون استفاده از قسمت‌های متحرکه انجام می پذیرد و بنابراین ، بالاترین بازدهی ممکنه را در بین ماشینهای الکتریکی داشته و تقریباً به نگهداری بسیار جزئی نیاز دارد .

ترانسها وجود سیستمهای دارای قدرت بالا را امکانپذیر می سازند . برای انتقال عاقلانه صدها مگاوات توان به فاصله های دور ، به ولتاژهای بسیار بالا در پهنه  $200KV$  تا  $1000KV$  احتیاج

است ، اگر چه تا این زمان ، ملاحظات عایقی ، ولتاژهای تولید شده در مولدها را زیر ۳۳ کیلووات نگاه داشته است . با این اندازه ولتاژ ، تلفات خط بسیار بالاست و استفاده از آن

ولتاژهای خیلی بالا نیز برای مصارف خانگی و صنعتی خطرناک خواهد بود . یکی از علت‌های اصلی استفاده از جریان متناوب برای انتقال انرژی برق ، وجود ترانسفورمر است . با

اتصال یک ترانس افزاینده بین مولد و خطوط انتقال می توان برای تعیین معین ، جریان را

کم نمود. و چون تلفات مسی خطوط انتقال با مجذور جریان خط متناسبند، واضح است که ولتاژهای خیلی بالای بدست آمده توسط ترانسفورمر، باعث بالا رفتن بازدهی سیستم قدرت از طریق کاهش جریان خطوط انتقال می گردد.

ترانسفورمر به عنوان یکی از اجزای بسیار مهم بسیاری از مدارهای الکتریکی، از مدارهای الکترونیکی با سیگنالهای کوچک گرفته تا سیستمهای انتقال قدرت با ولتاژ بالا بکار گرفته می شود. دانستن تئوری، رفتار و قابلیتهای ترانس برای فهمیدن کار بسیاری از سیستمهای قدرت، کنترل، مخابرات و الکترونیک لازم است.

در این فصل اصول کلی و روشهای تجزیه و تحلیل که قبلاً مورد بررسی قرار گرفتند را بر روی ترانسفورمر که یک دستگاه الکترومغناطیسی ساکن است بکار می بریم. این، علتی دو پهلو دارد. اول اینکه ترانس خود یک دستگاه الکترومغناطیسی خیلی مهم است و دوم اینکه، عمل ترانسفورمری در ماشینهای الکترومکانیکی نیز انجام می پذیرد و فهمیدن عملکرد ترانس پیشینازی برای فهم عملکرد ماشینهای جریان متناوب است.

### کاربردهای ترانس و انواع اصلی آن

مهمترین کاربردهای ترانس عبارتند از: (الف) تغییر دادن اندازه ولتاژ و جریان در یک سیستم الکتریکی، (ب) هم مقاومت کردن منبع و بار برای انتقال توان بیشینه و (ج) جداسازی مدارهای الکتریکی از یکدیگر. اولین این کاربردها احتمالاً آشناترین آنان در نظر خوانندگان اسن و این آشنایی معمولاً بوسیله ترانسهای توزیع سوار شده بر تیرهای برق

که مثلاً برق ۱۱۰۰۰ ولت را به برق خانگی ۲۲۰ ولت تبدیل می نمایند ، می باشد . دومین کاربرد را می توان در بسیاری از مدارهای مخابراتی و الکترونیکی یافت . مثلاً برای هم مقاومت کردن بار با خطوط انتقال برای بهبود انتقال قدرت و کاهش امواج ساکن و یا اتصال خروجی میکروفون به اولین مرحله تقویت کننده الکترونیکی ، از ترانسها استفاده می شود . سومین کاربرد آن ، حذف اغتشاشهای الکترومغناطیسی در بسیاری از مدارها ، جلوگیری از خروج سیگنالهای جریان مستقیم ، ایمنی استفاده کنندگان و محافظت از وسایل و دستگاههای الکتریکی است .

ترانسفورمرها در مدارهای با اندازه ولتاژهای مختلف از میکروولت استفاده شده در بعضی از مدارهای الکترونیکی تا ولتاژهای خیلی بالای استفاده شده در سیستمهای توان امروزی مانند ۷۵۰ کیلوولت ، بکار گرفته می شوند . همچنین ، ترانسها در طیف کامل فرکانسی مدارهای الکتریکی از نزدیک به صفر هرتز تا چند صد مگا هرتز چه با امواج سینوسی مداوم و چه ضربانی بکار می روند . شکل و اندازه ظاهری ترانسها مختلف است و آنها را در اندازه های به کوچکی یک تپه تا به بزرگی یک تریلی می سازند . انواع اصلی ترانسها عبارتند از :

۱. ترانسها قدرت برای انتقال انرژی که در دو سر ارسال و دریافت خطوط فشار قوی برای افزایش و کاهش ولتاژ به کار می روند . این ترانسها طوری بکار گرفته می شوند که تقریباً همیشه تحت ظرفیت کامل باشند . از اینرو در مواقع بار سبک ، ارتباط این ترانسها با شبکه قطع می شود .

۲. ترانسهای توزیع که ولتاژ را به یک سطح مناسب در محل مصرف کننده تغییر می دهند .

ثانویه این ترانسها مستقیماً به پایانه های مصرف کننده متصل است و در طول شبانه روز

بار روی آنها به مقدار زیادی تغییر می کند .

۳. ترانسهای قدرت که برای مقاصد ویژه مانند یکسو کننده ها ، واحدهای جوشکاری و

کوره های القایی بکار می روند .

۴. ترانسهایی که برای انتظام ولتاژ در شبکه های توزیع بکار گرفته می شوند .

۵. اتو ترانسها که برای تبدیل انرژی با نسبت انتقال کوچک و همچنین برای راه اندازی

موتورهای القایی از آنها استفاده می شود .

۶. ترانسهای اندازه گیری

### اجزای ترانسفورمر

ترانس از دو بخش اصلی تشکیل می گردد :

(۱) هسته که از ورقه های نازک فولاد سیلیکن دار و بسته به فرکانس ، از ضخامت ۰/۰۵ تا

۰/۳۵ میلیمتر ساخته می شود و برای کاهش تلفات هیستریز و جریان گردابی ، ورقه ها را

با عایق لاک طبیعی و یا مصنوعی از یکدیگر جدا می سازند . هسته ترانس در حقیقت

مدار مغناطیسی ای است که کمک می نماید تا فوران مغناطیسی براحتی از میان سیم

پیچها عبور کند . قسمت های عمودی هسته معمولاً شاخه (ستون) و قسمت های بالایی و

پایینی معمولاً یوغ نامیده می شوند . ستونها که بر روی آنها سیم پیچها سوار می شوند

معمولاً دارای سطح مقطع پله ای هستند که در دایره سیم پیچ محصور می شوند و تعداد پله ها و قطر دایره با افزایش قدرت ترانس زیادتر می گردد . سطح مقطع یوغ هسته ، غالباً پنج تا ۱۰ درصد بزرگتر از سطح مقطع ستونها ساخته می شود تا جریان بی باری ترانس و تلفات هسته کاهش یابد . ترانسهای هسته ای معمولاً از ورق هایی به شکل L و نوع صدفی به شکل E تهیه می شوند .

(۲) **دو یا چند سیم پیچ** که در ترانسهای معمولی با هم رابطه مغناطیسی و در اتوترانس با یکدیگر رابطه مغناطیسی و الکتریکی داشته و از یک جسم عادی ( معمولاً مس ) و عایق تشکیل شده اند . سیم پیچی که از مدار الکتریکی انرژی می گیرد ، سیم پیچ اولیه و یا ورودی و سیم پیچی که به بار وصل می گردد سیم پیچ ثانویه و یا خروجی نامیده می شود . سیم پیچ متصل به مدار با ولتاژ زیاد به سیم پیچ فشار قوی ( H.V. ) و سیم پیچی که به مدار با ولتاژ کم متصل می گردد به سیم پیچ فشار ضعیف ( L.V. ) موسوم است . ترانسی که ولتاژ خروجی آن بیش از ورودی اش باشد ترانس افزایشنده و آنکه خروجی اش کمتر از ورودی اش باشد ترانس کاهشنده نامیده می شود . یک ترانس را زمانی می توان افزایشنده یا کاهشنده نامید که دستگاه جهت سرویس دهی در مدار قرار گرفته باشد . بنابراین زمانی که به سیم پیچی های یک ترانس معین اشاره می شود ، به کار بدن واژه های سیم پیچ فشار قوی و فشار ضعیف به جای سیم پیچ اولیه و ثانویه مناسبتر است .

به طور کلی ، ساختار الکترومغناطیسی ( هسته و سیم پیچ ) به خاطر مسائل ایمنی و حفاظتی درون محفظه ای بنام تانک محبوس است . اگر این تانک از هوا پر شود آنرا نوع خشک می نامند . بیشتر ترانسهای قدرت در محفظه ای از روغن قرار دارند . روغن ، از هوا عایق بهتری است و همچنین جریان همرفتی در روغن ، عبور حرارت از سیم پیچها و هسته را آسانتر می سازد . انتهای سیم پیچها به صفحه تقسیمی می آید که از آن سیمهای خروجی به بیرون از محفظه ترانس از میان مقره ها که روی سوراخهایی در کنار محفظه و یا روی درپوش تعبیه شده اند آورده می شوند .

در ترانسهای هسته ای که مدار مغناطیسی واحد است ، سیم پیچها قسمت قابل ملاحظه ای از هسته فولادی را احاطه می کنند در حالیکه در نوع صدفی که مدار مغناطیسی دوگانه است ، هسته فولادی قسمت اعظم سیم پیچی را در بر می گیرد .

در نوع هسته ای ، نصف سیم پیچ اولیه روی یک ستون و نصف دیگر روی ستون دوم پیچیده می شود . سیم پیچ ثانویه را نیز نصف روی یک ستون و نصف روی ستون دوم می پیچند . این تقسیم بندی را به منظور افزایش عایق و کاهش فوران تنشی بین سیم پیچهای اولیه و ثانویه انجام می دهند . کاهش فوران تنشی ، کارآیی ترانس را به طور قابل ملاحظه ای بهبود می بخشد . در ضمن به منظور به حداقل رساندن عایق لازم ، سیم پیچ فشار ضعیف نزدیکتر به هسته فولادی پیچیده می شود .

در نوع صدفی ، سیم پیچهای فشار قوی و فشار ضعیف روی ستون وسط به صورت ساندویچی ( یک در میان ) پیچیده می شوند و کلافهای بالایی و پایینی فشار ضعیف ، نصف اندازه سایر کلافهای فشار ضعیف هستند . بنابراین دو نوع سیم پیچی در ترانسها به کار گرفته می شود . در ترانس هسته ای کلافهای متمرکز و در ترانس صدفی کلافهای ساندویچی مورد استفاده قرار می گیرند .

انتخاب ساختار هسته ای و یا صدفی معمولاً بر اساس هزینه به عمل می آید ، زیرا خصوصیات مشابه را می توان با هر دو نوع به دست آورد . برای یک مقدار داده شده از توان خروجی و مقدار نامی ولتاژ ، ترانس هسته ای ، آهن کمتر ولی مس ( هادی ) بیشتر در مقایسه با ترانس صدفی لازم دارد . برای ترانسهای فشار قوی و یا چند سیم پیچه ، ساختار نوع صدفی ترجیح داده می شود .

در پهنه فرکانس قدرت ( ۲۵ تا ۴۰۰ هرتز ) ترانسها را از ورقه های فولاد - سیلیکن به ضخامت ۰/۳۵ میلیمتر می سازند که از یکدیگر از نظر الکتریکی عایق شده اند . عایق کردن می تواند با لعاب رزین تأمین شود . اما اغلب ، پوشش اکسید آهنی که طی "گرماپروری" ورقها حاصل می شود ، کفایت می کند . ورقها معمولاً برای داشتن خواص مغناطیسی ویژه گرما پروری می شوند . علت استفاده از فولاد - سیلیکن هزینه کم ، تلفات هسته کم و گذردهی مغناطیسی زیاد در چگالی فورانهای بالا ( ۱/۱ تا ۱/۸ تسلا ) است . در پهنه فرکانس شنوایی ( ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز ) ، از هسته آهنی بهبود یافته ( ورقه فولاد سرد نورد

شده) استفاده می شود. هسته ترانسهای کوچک استفاده شده در مدارهای مخابراتی با فرکانس بالا و انرژی کم، معمولاً از پودر آلیاژهای فرومغناطیسی فشرده از قبیل "پرمالوی" ساخته می شود. ترانس با هسته هوایی نیز در این فرکانسهای بالا مورد استفاده قرار می گیرد.

### تلفات و بازدهی در ترانسها

بازدهی ترانسهای توزیع و قدرت معمولاً بالاست و بین ۹۵٪ تا ۹۹٪ است. محاسبه بازدهی برای ترانس بطور مستقیم (یعنی اندازه گیری توان مؤثر خروجی به توان مؤثر ورودی)، به دلیل خطا در عمل اندازه گیری توانها سبب بروز استباه بزرگی در تخمین بازدهی آن می شود و از اینرو بازدهی ترانس، معمولاً به روش غیر مستقیم محاسبه می گردد. در این روش، توان ورودی به ترانس، توسط مجموع توان خروجی و توان تلف شده بیان می شود. تلفات توان از دو قسمت اساسی یعنی تلفات مسی و تلفات هسته (هیستریز و جریان گردابی) تشکیل می گردد. بر حسب عناصر مدار معادل، بخش حقیقی شاخه تحریک نمایانگر تلفات هسته و بخش حقیقی مقاومت ظاهری تنشی معادل، نمایانگر تلفات مسی است.

برای فرکانس مشخص، تلفات هسته تقریباً با مجذور ولتاژ القایی ورودی ( $E_1^2$ ) متناسب است، اما  $I_1$ ،  $E_1 = V_1 - Z_{e1} I_1$  است و بنابراین در بار القایی، افزایش بار موجب کاهش  $E_1$  و در بار خازنی، موجب افزایش  $E_1$  می گردد. اگر تغییرات بار در حد معمول باشد، نیرو محرکه الکتریکی بین یک تا چهار درصد تغییر می کند و از اینرو تغییرات تلفات هسته



کمتر از هشت درصد می شود که قابل چشم پوشی است . همچنین در بار القایی ، جریان ورودی افزایش یافته و تلفات مسی زیاد می گردد و در بار خازنی ، بر عکس ، تلفات مسی کاهش می یابد . بنابراین تغییرات تلفات هسته و تلفات مسی با تغییر بار در دو سمت مخالف است که یکدیگر را جبران می کنند .

علاوه بر تلفات اهمی و هسته ای ، دو تلفات دیگر به نام های تلفات بار سرگردان و تلفات عایقی در ترانسها وجود دارند که معمولاً به دلیل کوچکی قابل چشم پوشی هستند . تلفات بار سرگردان عبارت از تلفات جریان گردابی در هادیها ، قاب ( تانک ) و ... است . تلفات عایقی نیز عبارت از تلفات در مواد عایقی ترانس یعنی روغن و مواد جامد عایقی در ترانسهای فشار قوی است .

### ترانسهای سه فاز

توان الکتریکی در مقیاس وسیع ، عملاً سه فاز و ولتاژهای تولید شده حدود ۳۳ کیلووات است . انتقال این توان نسبت به بعد مسافت بین تولید و توزیع ، در ولتاژهای بالای ۱۳۲ کیلووات تا ۱۰۰۰ کیلووات انجام می گیرد . برای نیل به این هدف به ترانسهای سه فاز احتیاج است تا ولتاژ تولید شده را به مقدار ولتاژ خط انتقال افزایش دهند . همچنین در محل های توزیع بار ، انتقال به حدود ۶۳۰۰۰ ، ۲۰۰۰۰ ، ۱۱۰۰۰ ولت کاهش یافته و در بیشتر مصرف کننده ها ولتاژ توزیع به ولتاژهای مصرف مانند ۱۱۰ و ۲۲۰ ولت ( ۳۸۰ ولت خط به خط ) کاهش می یابند . این تغییرات ولتاژ سه فاز را می توان هم توسط سه ترانس مشابه

تکفاز ( استاندارد آمریکایی ، گروه ترانس سه فاز ) و هم توسط یک ترانس سه فاز ( استاندارد اروپایی ، ترانس سه فاز تک هسته ) انجام داد .

ترانس سه فاز در حقیقت سه ترانس پیچیده شده به دور یک هسته مشترک ، سه هسته ۱۲۰ دره از هم فاصله دارند و یک ستوان از هر هسته با یکدیگر در تماس هستند . ستون مرکزی که از این سه ستون تشکیل شده است حامل فوران ایجاد شده توسط جریانهای سه فاز است . از آنجا که در یک سیستم متقارن مجموع سه فوران ، در ستون مرکزی صفر است بنابراین بدون هیچ اشکالی می توان آنرا حذف نمود ( مانند حذف سیم خنثی در سیستم سه فازه ) .  
در این حالت فوران فازها مسیرهای مشترکی را طی می کنند .

ترانسفورمری که دارای چنین هسته ای باشد در ابتدا مورد استفاده قرار می گرفت ولی به دلیل دست و پا گیری آن ، با کمی تغییر می توان آن را به صورت غیر متقارن و یا در اصطلاح به صورت معمولی ساخت . با قرار گرفتن ستونها در یک صفحه بازدارندگی مغناطیسی دیده شده از هر ستون کاری ، بیش از سازدارندگی دیده شده از ستون وسط گردیده که این حالت باعث بروز یک عدم تقارن در جریانهای بی باری سه ترانس خواهد شد . این عدم تقارن در حالت بازدارندگی قابل چشم پوشی است و با انتخاب سطح مقطعهای کوچک برای پایه های عمودی و سطح مقطعه ای بزرگ برای شاخه های افقی می توان از اهمیت آن کاست . در بعضی موارد نیز به جای این ترانس از ترانس پنج شاخه استفاده می

کنند. ترانسهای سه فاز همانند ترانسهای تک فاز در دو نوع هسته ای و صدفی ساخته می

شوند. مزایای اصلی یک ترانس سه فاز در مقایسه با سه ترانس تک فاز عبارتند از:

۱. ترانس سه فاز به مواد اولیه کمتری برای ساخت هسته نیاز دارد (با توان نامی مساوی).

۲. ترانس سه فاز، کم حجم تر و سبکتر است (با توان نامی مساوی).

۳. از نظر هزینه، ترانس سه فاز تقریباً ۱۵٪ ارزان تر تمام می شود.

۴. برای سیم پیچی، اتصالات و عایق بندی و مخزن روغن، ترانسهای سه فاز به مواد

کمتری نیاز دارند.

۵. بازدهی بالاتر است.

نقص اصلی ترانس سه فاز، انعطاف ناپذیری آن است. به عنوان مثال، یک ترانس تک فاز

از سه ترانس تک فاز، ممکن است مقدار توان نامی بالاتری نسبت به دوتای دیگر جهت

تغذیه یک بار نامتعادل داشته باشد. همچنین در صورت خرابی یکی از فازها، تمام ترانس

سه فاز باید جهت تعمیر از خط خارج شود. در حالیکه برای سه ترانس تک فاز، اگر یکی

از ترانسها از خط خارج شود، سیستم هنوز می تواند به صورت مثلث باز (V-V) با ظرفیت

کمتر به کار خود ادامه دهد و یا اینکه می توان به جای ترانس معیوب ترانس سالم یدکی

کار گذاشت.

در حال حاضر به دلایل بهبود ساختمان ترانس سه فاز و وجود وسایل حفاظتی بهتر در مقابل

ازدیاد ولتاژ و مشکل اتصال کوتاه، ترانسها خیلی دیر هراب می شوند. از اینرو به استثنای

مدارهای توزیع که هم به تغذیه بار تک فاز و هم به سه فاز احتیاج است در تأسیسات جدید از سه ترانس تک فاز به ندرت استفاده می شود. البته تصمیم گیری درباره استفاده از ترانس سه فاز و یا سه ترانس تک فاز به کشور و نوع استفاده در سیستم بستگی دارد. ناگفته نماند که واکاری این دو نوع سیستم یکسان است و کیلوولت آمپر اسمی ترانس سه فاز سه برابر توان ظاهری هر فاز است.

در انتقال ولتاژ سه فاز و همچنین در استفاده از ترانس به عنوان تغییر دهنده تعداد فاز در یک سیستم چند فاز، اتصالهای متنوعی امکان پذیر است که انواع معمولی آن ستاره - ستاره (Y-Y)، مثلث - مثلث (Δ-Δ)، ستاره - مثلث (Y-Δ)، مثلث - ستاره (Δ-Y)، مثلث (-Y) باز (V-V)، تی - تی (T-T) و اتصال اسکات است. مزایا و کمبودهای هر اتصال، پس از این مورد مطالعه قرار می گیرند.

### اتصال ستاره - ستاره (Y-Y)

اگر نسبت انتقال  $a > 1$  فرض شود (ترانس کاهنده) مقدار ولتاژ خط به خنثی بر روی ثانویه (۳)  $(V_L/a)$  است. اگر جریان خط بر روی اولیه I باشد که همان جریان فاز یا سیم پیچ است، جریان خط روی ثانویه  $aI$  خواهد بود. به طور کلی در این اتصال می توان گفت که:

لازم به یادآوری است که اتصالات ترانسها باید با قطب آورد درست انجام پذیرد. به عنوان مثال فرض کنید ترانس I با قطب آورد وارون در اولیه بسته شده باشد و اتصالهای خروجی

بدون تغییر بماند. ولتاژهای فاز ورودی همانهایی است که از منبع تغذیه گرفته می شوند و

بنابراین تغییری نمی کنند. اما اکنون ولتاژ خروجی ترانس I به جای  $X_2$  به  $X_1$  از  $X_1$  به  $X_2$

است و نسبت به حالت قبل  $180^\circ$  درجه چرخیده و در نتیجه یک سیستم سه فاز متقارن روی خروجی خواهیم داشت.

کمبودهای سیستم ستاره ستاره عبارتند از:

(آ) اگر بار روی ترانس سه فاز نامتعادل باشد، ولتاژ فازهای ترانس نامتعادل می گردد.

(ب) مشکلات ناشی از هماهنگی سوم

### اتصال مثلث - مثلث ( $\Delta-\Delta$ )

ولتاژهای القا شده در خروجی با هم سری هستند و بر حلقه بسته ای متشکل از سه کلاف

خروجی عمل می کنند. با داشتن سه ترانس یکسان و اعمال یک سیستم متقارن سه فاز روی

ورودی، ولتاژهای خروجی کاملاً با هم مساوی شده و اختلاف فازشان با هم نیز  $120^\circ$  درجه

خواهد بود. مجموع این سه ولتاژ، صفر است و در بی باری هیچ جریانی در کلافهای

خروجی به گردش در نمی آید. با یکسان نبودن نسبت ولتاژها و یا وجود اختلاف فاز بین

ورودی و خروجی (و یا وجود هر دو حالت) ولتاژ خروجی برآیند غیر صفر در حلقه بسته

به وجود می آید که سبب به گردش در آمدن جریان در خروجی ترانسها حتی در غیبت بار

می شود. تحت شرایط عادی این جریان قابل چشم پوشی است. اما اگر ترانسها با قطب

اورد درست بسته نشوند در این صورت حتی با وجود ترانسهای یکسان ، جریان گردشی سنگینی به وجود می آید که سبب خرابی همه ترانسها می گردد .

### اتصال ستاره - مثلث ( $Y-\Delta$ )

کاربرد اصلی این اتصال در پستهای فرعی انتهایی خطوط انتقال برای کاهش و توزیع ولتاژ به بار است . در این نوع اتصال هم مزایای مخصوص اتصال مثلث و هم اتصال ستاره مورد بهره برداری قرار می گیرد. کلافهای فشار قوی به صورت ستاره به خطوط انتقال متصل می گردند . بنابراین فشار وارد بر هر کلاف تنها  $0/577$  ولتاژ خط است . بار فشار ضعیف به خروجی مثلث شکل ، وصل است که در نتیجه جریان خروجی هر کلاف ،  $0/577$  جریان خط ( بار ) خواهد شد . در این سیستم بر عکس اتصالات ستاره - ستاره و مثلث - مثلث ، نسبت ولتاژهای خط ( ورودی به خروجی ) با نسبت دورهای کلاف متفاوت است .

### اتصال مثلث - ستاره ( $\Delta-Y$ )

مانند اتصال ستاره - مثلث ، بین ولتاژهای خط ورودی و خروجی جابجایی فاز  $30$  درجه موجود است ، از اینرو موازی کردن یک چنین مجموعه ای با ترانسهای ستاره - ستاره و یا مثلث - ستاره غیر ممکن است حتی اگر نسبت ولتاژها بطور صحیح تنظیم شده باشد . همانطور که قبلاً هم ملاحظه کرده اید نسبت تبدیل فازی در ترانسهای سه فاز ، برابر نسبت تبدیل دورها است اما نسبت ولتاژهای خط بستگی به اتصال به کار برده شده دارد .

## گروههای اتصال در ترانسهای سه فازه

ترانسهای سه فاز را با توجه به اختلاف فاز بین ولتاژهای خط اولیه و ثانویه گروه بندی می نمایند. اهمیت شناخت گروههای اتصال در ترانس سه فاز از آنجاست که در زمان موازی کردن ترانسها با هم علاوه بر مساوی بودن فرکانسها و ولتاژ فازهای نظیر در ترانسها، باید دو فاز از نظر زاویه نیز بر هم منطبق باشند. به عبارت دیگر، فیزور فازهای نظیر باید کاملاً بر هم منطبق گردند. به همین علت، تنها نشان دادن شیوه اتصال سیم پیچهای اولیه و ثانویه در یک ترانس سه فاز کافی نیست بلکه باید اختلاف فاز بین ولتاژهای خط اولیه و ثانویه ترانس نیز مشخص باشد.

برای این منظور معمولاً از روشی به نام روش ساعت استفاده می شود. در این روش ولتاژ خط سمت اول را بر روی عقربه دقیقه شمار که روی عدد ۱۲ است قرار می دهید. اکنون اگر عقربه ساعت شمار طوری میزان شود که با عقربه دقیقه شمار همان زاویه ای را که خط ثانویه با اولیه به وجود می آورد بسازد، ساعت نشان دهنده گروه ترانس مذکور خواهد بود. گروههای ترانس به ترتیب ۱۲ و یا صفر (ولتاژ خط ثانویه همفاز با ولتاژ خط اولیه)، ۱۱ (ولتاژ ثانویه ۳۰ درجه جلوتر از ولتاژ اولیه) و ۱ (ولتاژ ثانویه ۳۰ درجه عقبتر از ولتاژ اولیه) است. در پایان لازم به گفتن است که چهار گروه ۱۲ و یا ۰، ۶، ۵ و ۱۱ گروههای اصلی را تشکیل می دهند و در صنعت معمولاً این گروهها را به ترتیب با حرف A, B, C و D نمایش می دهند.

جهت خرید فایل word به سایت [www.kandooon.com](http://www.kandooon.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1  
Directory:  
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application  
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm  
Title:  
Subject:  
Author: m  
Keywords:  
Comments:  
Creation Date: 3/28/2012 5:45:00 PM  
Change Number: 1  
Last Saved On:  
Last Saved By: H.H  
Total Editing Time: 0 Minutes  
Last Printed On: 3/28/2012 5:45:00 PM  
As of Last Complete Printing  
Number of Pages: 15  
Number of Words: 2,633 (approx.)  
Number of Characters: 15,011 (approx.)